

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(3)
(11) 特許出願公開番号
特開2001-110775
(P2001-110775A)

(43) 公開日 平成13年4月20日 (2001. 4. 20)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/3065

識別記号

F I

H 0 1 L 21/302

テーマコード (参考)

H

審査請求 未請求 請求項の数37 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-234323 (P2000-234323)

(22) 出願日 平成12年8月2日 (2000. 8. 2)

(31) 優先権主張番号 3 6 8 5 5 3

(32) 優先日 平成11年8月5日 (1999. 8. 5)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500266634

アクセリス テクノロジーズ インコーポ
レーテッド

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州

01915 ベバリー チェリー ヒル ドラ
イブ 55

(72) 発明者 クイギュアン ハン

アメリカ合衆国 メリーランド 21044

コロンビア サウス ウインド サークル
6522

(74) 代理人 100068618

弁理士 萢 経夫 (外3名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトレジスト/エッチング後の残留物を取り除くためのプラズマストリッピング処理方法

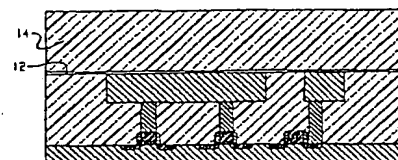
(57) 【要約】

【課題】高選択比で、高処理能力を有したプラズマストリッピング処理方法および乾式アッシングプロセスを提供すること。

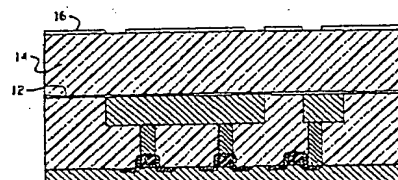
【解決手段】フォトレジスト16および/またはエッチング後の残留物を露出した低k誘電体層14から除去する方法で、無酸素ガスをエネルギー源にさらすことにより、電気的に中性な粒子と荷電粒子を有する無酸素プラズマを作り出す。その後、荷電粒子は、プラズマから選択的に取り除かれる。電気的に中性な粒子は、フォトレジスト16および/またはエッチング後の残留物と反応して、ガス流によってウエハから除去される揮発性ガスを形成する。無酸素プラズマのガス組成物は、水素含有ガスとフッ素含有ガスを含み、フッ素含有ガスは、全体のガス組成物の約10%以下となっている。



(a)



(b)



(c)

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板(98)からフォトリソ(16)とエッチング後の残留物の両方またはいずれか一方を取り除くための方法であって、

- a. 前記フォトリソ(16)および/またはエッチング後の残留物を有する少なくとも1つの基板(98)をウエハ処理室(22)に配置し、
- b. プラズマを発生するためのガスが、水素含有ガスとフッ素含有ガスを含んで、酸素のないプラズマを発生することによって反応種を形成し、
- c. 前記基板を電気的に中性である前記反応種にさらすことにより、側壁に堆積したポリマーを含むフォトリソ(16)および/またはエッチング後の残留物を取り除く、各工程を有することを特徴とする方法。

【請求項2】前記フッ素含有ガスは、化学式が $C_xH_yF_z$ で、 x が1~4、 y が0~9、 z が1~10の範囲であるような化合物、 NF_3 、 F_2 、および SF_6 からなるグループより選択されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】前記水素含有ガスは、炭化水素、フッ化炭化水素(hydrofluorocarbon)、水素ガスおよび水素ガス混合物からなるグループより選択されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項4】前記水素ガス混合物は、窒素と水素ガスを含む形成ガスからなり、前記水素ガスは、前記形成ガス全体の約3~5%の容量であることを特徴とする請求項3記載の方法。

【請求項5】前記基板(98)は、絶縁層(12)を含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項6】前記基板(98)は、低k誘電率の材料から構成されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】低k誘電率の材料は、多孔性材料およびドーパされた酸化物から選択されることを特徴とする請求項6記載の方法。

【請求項8】さらに、前記基板(98)を約80~350℃の範囲で加熱する工程を含むことを特徴とする請求項6記載の方法。

【請求項9】低k誘電率の材料は、有機物であることを特徴とする請求項7記載の方法。

【請求項10】さらに、前記基板(98)を約80~180℃の範囲で加熱する工程を含むことを特徴とする請求項9記載の方法。

【請求項11】低k誘電率の材料の誘電率は、前記フォトリソ(16)およびエッチング後の残留物を取り除く工程の前後においてほぼ一定であることを特徴とする請求項6記載の方法。

【請求項12】フォトリソ(16)およびエッチング後の残留物に対して前記プラズマの反応種を反応させて、揮発性アルカン類を生じさせることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項13】揮発性アルカン類は、メタンガスを含んでいることを特徴とする請求項12記載の方法。

【請求項14】フッ素含有ガスは、プラズマガス全体の約10%よりも少ない容量であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項15】電気的に中性な粒子および荷電粒子を生じさせるために、マイクロ波によりプラズマを発生して、前記プラズマから前記荷電粒子を取り除き、さらに、前記フォトリソ(16)およびエッチング後の残留物に対して、前記電気的に中性な粒子を反応させる各工程を含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項16】フォトリソ(16)および/またはエッチング後の残留物と、前記基板(98)との間におけるプラズマのエッチングの選択比が、約10:1よりも大きいことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項17】半導体ウエハ(98)からフォトリソ(16)および/またはエッチング後の残留物を取り除くためのアッシング方法であって、

- a. 前記フォトリソ(16)および/またはエッチング後の残留物を有する前記半導体ウエハ(98)を反応室(22)内に配置し、
- b. 本質的に水素含有ガスとフッ素含有ガスからなるガスをマイクロ波にさらすことにより、電気的に中性の種と荷電粒子の両方を含むプラズマを発生し、
- c. 前記プラズマから前記荷電粒子を取り除き、
- d. 前記フォトリソ(16)および有機性残留物を有する前記半導体ウエハ(98)を前記電気的に中性の種にさらすことによって前記半導体ウエハ上の有機性残留物をアッシングする、各工程を含むことを特徴とする方法。

【請求項18】前記プラズマは、前記反応室(22)に隣接するプラズマ発生室(21)内で作られ、前記電気的に中性の種は、前記プラズマ発生室(21)と反応室(22)の間の少なくとも1つのパッフルプレート(18)を介して、前記プラズマ発生室(21)から流出して反応室(22)内に流入させることを特徴とする請求項17記載の方法。

【請求項19】前記基板(98)は、前記反応室(22)内に配置され、有機性残留物は、アッシング作業中に、前記パッフルプレート(18)を介して流れる電気的に中性の種のみと反応するようにしたことを特徴とする請求項18記載の方法。

【請求項20】さらに、前記ウエハ(98)を約80~350℃の範囲で加熱する工程を含むことを特徴とする請求項17記載の方法。

【請求項21】前記フッ素含有ガスは、化学式が $C_xH_yF_z$ で、 x が1~4、 y が0~9、 z が1~10の範囲であるような化合物、 NF_3 、 F_2 、および SF_6 からなるグループより選択されることを特徴とする請求項17記載の方法。

【請求項22】前記水素含有ガスは、水素、炭化水素、

フッ化炭化水素、水素ガス混合物からなるグループより選択されることを特徴とする請求項17記載の方法。

【請求項23】プラズマは、酸素を含まないことを特徴とする請求項17記載の方法。

【請求項24】フッ素含有ガスは、プラズマガスの容量全体の約10%よりも少ない容量であることを特徴とする請求項17記載の方法。

【請求項25】フォトレジスト(16)および/またはエッチング後の残留物を低k誘電体の層(14)から取り除くためのアッシング方法であって、前記フォトレジスト(16)および/またはエッチング後の残留物を選択的にアッシングして、主たるアッシング反応生産物としてメタンガスを形成することを特徴とする方法。

【請求項26】さらに、脱イオン化された水で洗浄する工程を含んでいることを特徴する請求項25記載の方法。

【請求項27】前記アッシングは、本質的に水素含有ガスとフッ素含有ガスからなるプラズマガスをマイクロ波にさらすことにより、反応種を発生させることを含んでいる請求項25記載の方法。

【請求項28】前記低k誘電体の層は、約80~350℃の範囲で加熱されることを特徴とする請求項25記載の方法。

【請求項29】前記水素含有ガスは、水素、炭化水素、フッ化炭化水素、水素ガス混合物からなるグループより選択されることを特徴とする請求項27記載の方法。

【請求項30】前記フッ素含有ガスは、化学式が $C_xH_yF_z$ で、xが1~4、yが0~9、zが1~10の範囲であるような化合物、 NF_3 、 F_2 、および SF_6 からなるグループより選択されることを特徴とする請求項27記載の方法。

【請求項31】フッ素含有ガスは、プラズマガスの容量全体の約10%よりも少ない容量であることを特徴とする請求項27記載の方法。

【請求項32】前記基板を、約80~350℃の範囲で加熱することを特徴とする請求項27記載の方法。

【請求項33】フォトレジスト(16)および/またはエッチング後の残留物を取り除くために、本質的に水素含有ガスとフッ素含有ガスからなる無酸素のプラズマガス組成物。

【請求項34】前記フッ素含有ガスは、化学式が $C_xH_yF_z$ で、xが1~4、yが0~9、zが1~10の範囲であるような化合物、 NF_3 、 F_2 、および SF_6 からなるグループより選択されることを特徴とする請求項33記載の組成物。

【請求項35】前記水素含有ガスは、水素、炭化水素、フッ化炭化水素、水素ガス混合物からなるグループより選択されることを特徴とする請求項33記載の組成物。

【請求項36】フッ素含有ガスは、前記プラズマガス組成物の容量全体の約10%よりも少ない容量であること

を特徴とする請求項33記載の組成物。

【請求項37】前記水素ガス混合物は、形成ガス組成物全体の約3から5%の容量を有する水素ガスを含んでいることを特徴とする請求項35記載の組成物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的に、プラズマストリッピング処理方法(plasma stripping process)に関する。特に、本発明は、IC製造中に低k誘電体表面からまたは低k誘電率の材料に存在するフォトレジストおよびエッチング残留物の両方またはいずれか一方を取り除くための無酸素プラズマ処理方法に関する。

【0002】酸素が遊離したプラズマを発生するためのガスは、水素含有ガスおよびフッ素含有ガスの混合物からなる。

【0003】

【従来の技術】集積回路は、現在、素子生成が0.35 μm の設計基準を越えて行なわれる場合、相互接続用としてアルミニウム金属から銅金属に変わりつつある。アルミニウム金属は、このような設計基準に対して、より小さい寸法の回路接続線に信頼性を持って電流を流すには不適当なために限界がある。

【0004】銅は、アルミニウムよりも低い抵抗を有し、より小さい領域に多くの電流を流すことができ、その結果、計算能力を向上させて高速かつ高密度のチップを作ることができる。さらに、銅の使用は、相互接続の経路選択を容易にする。これは、必要とする相互接続レベルの数を減少させ、その結果、素子の生産に直接影響を与える多数の処理ステップを取り除く。

【0005】0.25 μm の素子生成を越えると、通常のドーピングされたアルミニウム導体では、完全な電気移動を生じさせることができないレベルに電流密度が到達してしまう。このアルミニウムに対して銅では、電気移動の抵抗が増加し、より低い相互接続レベルとなる最も細かいピッチ間隔で影響を及ぼすこの限界に打ち勝つ。こうして、銅は、集積回路用に使用する好ましい導線となる。

【0006】アルミニウムから銅への移行によって誘電体の絶縁層が改良される。二酸化ケイ素は、一般的に絶縁材料として用いられ、約3.9の誘電率を有している。低k誘電体等の相互接続用の新しい絶縁材料が提案されてきており、それらは、回路性能を高めるために、より低い相互接続容量およびクロストークノイズを有する。これらの低k誘電体は、一般的に、有機ポリマーからなり、誘電率が約3.5以下である。低k誘電体のいくつかの例では、ポリイミド、炭化フッ素(fluorocarbon)s、パリレン((parylene)、シルセスキオキサン水素(hydrogen silsesquioxanes)、ベンゾシクロブテンまたは同等物を含む。

【0007】集積回路の製造において、銅の相互接続線

および低k誘電体を用いることが半導体製造業者にとっての新しい挑戦であり、かつ問題となっている。これらの素子を作るために、製造業者は、一般的にダマスク処理(damascene process)を用いる。このダマスク処理は、同一のチップ形成技術に最も良く用いられ、一般的な構造で相互接続線を形成するが、その構造の作成方法が異なる。

【0008】金属フィルム内にパターンをエッチングする代わりに、このフィルムを絶縁材料で取り囲み、ダマスク処理で誘電体フィルムにパターンをエッチングする。その後、このパターンに銅を充填する。ダマスク処理の利点は、金属エッチングが単純な誘電体エッチングによって置き換えられ、相互接続線の幅や間隔を形成する工程が容易になる。

【0009】製造業者は、パターンが低いk誘電体層にエッチングされた後に起こる1つの問題を解決しなければならない。フォトレジストは、低いk誘電体層に金属回路パターンを形成するのに用いられ、また、エッチング後の残留物は、下側の層から完全に除去され、または剥ぎ取られるのに必要な、側壁に堆積するポリマーを含んでいる。現在のストリッピング処理は、低k誘電体表面からフォトレジストおよびエッチング後の残留物を除去するのに十分ではない。

【0010】誘電体のエッチングが完了した後、その表面に残っているフォトレジストとエッチング後の残留物を除去するために一般的に認められたストリッピング処理がある。残存するフォトレジストおよびエッチング後の残留物は、湿式または乾式の化学作用のいずれかを用いて取り除くことができる。湿式の化学作用は、適当な有機溶媒に溶解することによってフォトレジストとエッチング後の残留物を除去することを含んでいる。しかし、湿式の化学作用の費用は、それを用いる環境に関係し、汚染問題を導くので、多くの製造業者は、乾式の処理を用いる。このような乾式の1つは、一般的にアッシング(ashing)と呼ばれている。

【0011】このアッシングは、残存するフォトレジストとエッチング後の残留物がプラズマにさらされることによって行なわれる技術または処理である。一般的に、プラズマは、その構成要素の1つとして酸素ガスを含む混合ガスから発生される。高い反応性酸素プラズマは、有機フォトレジスト層と反応または酸化する。この酸化またはアッシング作業から生じる燃焼生成物は、二酸化炭素および水蒸気等の揮発性要素であり、ガス流によって運ばれる。アッシングは、湿式の化学作用の除去作業に向いている。その理由は、わずかな処理工程で済み、基板の取り扱いが少なく済み、化学物質および化学的処理設備が少なくし、さらに、アッシングは、環境的にもより受け入れ可能である。

【0012】酸素を含むプラズマを用いる場合の問題の1つは、このプラズマが、一般的に、銅および最もkが

低い相互接続線を用いる場合に不適当なことである。低k誘電率の材料に対する、酸素を含むプラズマのエッチング選択比は、特に、低k誘電率の材料が有機物である場合、大変低い。フォトレジストとして用いられる材料は、低k誘電率の材料として用いられるそれと類似している。すなわち、両方の材料は、酸素を含むプラズマによって容易に酸化されやすく、揮発性の副産物を形成する。

【0013】その結果、低k材料は、酸素プラズマによってフォトレジストと概略同一の割合で取り除かれる。低k材料へのフォトレジストのアッシュ選択比(ash selectivity)を単一化させる。非常に希釈した酸素混合物を用いる場合でさえ、同時にアッシング反応がかなり緩やかになり、この問題を解決できなかった。この挑戦は、リソグラフィに続いて起こるフォトレジストおよびエッチング後の残留物を取り除くことであり、エッチングされたパターンに影響することなくエッチング処理が低k誘電体の層に行なわれる。エッチングされた形状におけるわずかな偏りは、素子の性能に悪影響を与え、最終的に集積回路の信頼性を揺るがせる。

【0014】銅は、容易に酸化可能で延性のある材料であり、それゆえ、酸素を含むプラズマを用いると、酸化しやすい。酸素含有プラズマにさらされて形成される銅酸化物は、半導体素子の性能を悪くする。より高い接触抵抗は、集積回路を通る電流の流れを遅らせる。その結果、クロック速度と電気移動(electromigration)が影響を受ける。

【0015】低k誘電体の層に酸素プラズマを当てることのもう1つの問題は、酸素プラズマがアッシング作業中に誘電体の誘電率を変えることがわかっていることである。例えば、(nanoglass)やエーロゲル等のドーパされた酸化物の低k材料は、酸素プラズマにさらされると、誘電率を増加することがわかっている。誘電率が増加すると、相互接続線の容量およびクロストークに好ましくない影響を与える。これは、Si-HとSi-OHの結合がSi-O結合を形成する酸化作用によると考えられる。さらに、相互接続線として銅を有する集積回路に酸素プラズマを用いると、さらされた銅表面を酸化し、素子の性能に有害となる。

【0016】米国特許明細書第4201579号には、水素プラズマによって基板からフォトレジストを取り除く方法が開示されている。水素プラズマは、金、銀、銅、および同等物などの容易に酸化する金属表面からフォトレジストを取り除く。この特許の処理法は、比較的緩やかで、高処理能力の処理を行なうことができず、半導体ウエハから多くの残留物を取り除くに効果的ではない。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】このような事情に鑑みて、本発明は、銅の相互接続線と低k誘電体の絶縁層を

有する集積回路からフォトレジストおよびエッチング後の残留物を取り除くために、高選択比で、高処理能力を有したプラズマストリッピング処理方法および乾式アッシングプロセスを提供することを目的としている。

【0018】本発明の更なる目的は、露出した銅の相互接続線がアッシング処理中に酸化されないような非酸化的な処理方法を提供することである。さらに、本発明の他の目的は、露出した銅の相互接続線上に形成された生の酸化物を取り除く新規なアッシング処理により、改良された素子性能を与えることである。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、各請求項に記載の構成する。本発明は、基板からフォトレジストおよびエッチング後の残留物の両方またはいずれか一方を取り除くための方法であって、前記フォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物を有する少なくとも1つの基板をウェハ処理室に配置し、プラズマを発生するためのガスが、水素含有ガスとフッ素含有ガスを含んで、無酸素プラズマを発生することによって反応種を形成し、前記基板を電気的に中性である前記反応種にさらすことにより、側壁に堆積したポリマーを含むフォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物を取り除く、各工程を有することを特徴としている。

【0020】無酸素プラズマは、プラズマガス組成物をマイクロ波源にさらすことによって発生する。本発明の方法では、フォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物を有する少なくとも1つの基板をプラズマ反応室内に配置することを含んでいる。反応種は、酸素のないプラズマを発生することにより形成され、このプラズマを発生するガスは、水素含有ガスおよびフッ素含有ガスを含む。両方のガスの混合物により発生する反応種は、反応によりフォトレジストを取り除き、揮発性の生成物を形成する。エッチング後の残留物は、反応室内で揮発させるか、基板への付着を弱めるか、または、水に溶解やすくすることによって取り除かれる。

【0021】揮発されない残留物は、脱イオン水で洗浄する工程により順次取り除かれる。この除去方法は、フォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物間の反応から生じる揮発性の反応生成物が、もはや含まれなくなるまで、または、フォトレジストおよび上記残留物が水で除去できるまで続けられる。

【0022】フッ素含有ガスは、プラズマによって励起されたとき、フッ素の反応種を発生する化合物を含む。好ましくは、フッ素含有ガスは、化学式が $C_xH_yF_z$ で、 x が1~4、 y が0~9、 z が1~10の範囲であるような化合物、 NF_3 、 F_2 、および SF_6 からなるグループより選択される。さらに、フッ素化合物は、 CF_4 または CHF_3 であることが望ましい。

【0023】水素含有ガスは、炭化水素、フッ化炭化水

素(hydrofluorocarbon)、水素ガスおよび水素ガス混合物からなるグループより選択される。炭化水素は、臭素、塩素、またはフッ素等のハロゲン、あるいは酸素、窒素、水酸基とアミンのグループと置きかえることができる。また、部分的に置きかえることもできる。

【0024】好ましくは、炭化水素は、少なくとも1つの水素を有し、1~12の炭素原子を有する。適当な水素含有ガスの例は、メタン、エタン、プロパンを含む。水素ガス混合物は、水素ガスの混合物であり、窒素ガスを含む水素ガスの混合物からなるいわゆる形成ガスが好ましい。負荷が加わらないプラズマ室の構造に対して、水素ガスは、安全性を考慮した形成ガスの容積全体の約3~5%の容量の範囲にある。

【0025】特に好適な実施形態では、プラズマガスは、形成ガスと四フッ化炭素(carbon tetrafluoride)ガスの混合物からなる。好適な形成ガスは、水素ガスと窒素ガスの混合物を含み、水素ガスは、形成ガスの容積全体の約3から5%の容積の範囲内にある。四フッ化炭素ガスは、プラズマガス全体の容積の約10%より少ない。プラズマによって剥がされる基板は、好ましくは、約80~350℃の範囲に加熱され、反応時間を促進させ、処理能力を最大限にする。固有の低 k 材料に対してウェハは、約80℃から約180℃に加熱されることが望ましい。プラズマは、フッ素と水素の反応種を発生し、この反応種は、電気的に中性な粒子および荷電粒子である。この荷電粒子は、反応室に到着する前に選択的に取り除かれる。プラズマの中性種は、フォトレジストおよびエッチング後の残留物と反応し、揮発性アルカン類を生じさせる。

【0026】さらに好ましくは、中性種は、フォトレジストおよびエッチング後の残留物と反応して、主たる反応生成物としてのメタンガスを生じさせる。フォトレジスト／エッチング後の残留物と基板との間で、プラズマのエッチング選択比は、少なくとも約10:1よりも大きい。

【0027】好ましい実施形態において、フォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物は、低 k 誘電体の層から取り除かれる。低 k 誘電体の層における誘電率は、フォトレジストとエッチング後の残留物を取り除く前後において、一定に維持される。

【0028】別の実施形態では、低 k 誘電体の層からフォトレジストを剥ぎ取り、さらにエッチング後の残留物を取り除くためのアッシング方法は、フォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物を選択的にアッシングして、主たるアッシング反応生成物としてメタンガスを形成する。続いて、脱イオン化水で洗浄する工程が、ウェハからいかなる残留物をも取り除くために、アッシングが完了した後に付加される。

【0029】本発明は、水素のないプラズマを発生する

ために無酸素プラズマガス組成物が用いられ、同時に露出した銅表面をクリーンにするのに有利である。エッチングの高選択比は、約10:1を越え、本発明の処理方法を用いて、種々の低k基板に対して早い処理能力を達成することができる。さらに、プラズマは、フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物と反応して、揮発性アルカン類の反応生成物を生じさせ、この生成物は、特に、低k誘電体の層が過度にエッチングされるのを防ぐために、容易に監視できる信号の役目をする。

【0030】さらに、フッ素および水素を含むガスからなるガス混合物を用いて、これまで非常に除去するのに困難なエッチング後のシリコンを含む残留物を取り除く。さらに、プラズマによるストリップ処理が完了した後、残っている残留物を水で取り除くために、脱イオン水で洗浄することもできる。本発明の処理方法は、経済的でありかつ種々のプラズマアッシングに容易に適合できる。

【0031】本発明の他の実施形態では、基本要素の特別の特徴および構造的な可変要素を設けることを考慮する。本発明の可能な変更、種々の特徴および利点とともに言及する特別の実施形態は、以下に示す添付の図面とともに詳細な記載に関連して見るとき、より理解できるであろう。

【0032】

【発明の実施の形態】本発明は、非酸化化学反応によって半導体ウエハからフォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物を取り除くために、無酸素プラズマガス組成物を用いる方法に関係している。無酸素プラズマは、水素含有ガスとフッ素含有ガスを含んでいる。

【0033】本発明は、特に、銅の相互接続線と低k誘電体の絶縁層を使用する基板に対して用いるのに適している。低k誘電体は、以下において、集積回路または同等物の製造において使用するのに好適な絶縁材料として定義され、誘電率が約3.5以下のものである。低k誘電体は、一般的に3つの形式、即ち、有機物の、多孔性の、またはドーブされた酸化物の1つとして分類される。

【0034】本発明において使用するのに適当な有機物の低k誘電体材料の例としては、ポリイミド、ベンゾシクロブテン、パリレン(parylene)、炭化フッ素を含む。多孔性の低k誘電体材料の例としては、ナノポーラス(nanoporous)酸化物、有機ポリマーを含み、これらは、商品名[NAOGLASS]、[AEROGEL]として販売されている。ドーブされた酸化物の低k誘電体材料の例としては、シルセスキオキサン水素、ナノポーラス酸化物、有機ポリマー、炭素をドーブした二酸化ケイ素(商品名[CORAL]により利用可能)、およびハイブリッド材料(商品名[HOSP]により利用可能)を含んでいる。他の低k誘電体材料は、この分野の当業者であれば容易にわかるものである。

【0035】低k誘電体の層を有する基板上的のフォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物を取り除くための無酸素プラズマを用いる本発明の方法は、処理の前後において、低k誘電体材料の誘電率に変化がないことが利点であることがわかってきた。さらに、本発明の無酸素プラズマ処理で、エッチング後のシリコン残留物を取り除くか、または水でも取り除くことができることもわかってきた。さらに、フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物の除去は、時間周期でなされ、また高い処理能力と素子の生産を実現できる。さらに、無酸素プラズマは、露出した銅の酸化を防止し、これにより電気抵抗を低くする。

【0036】集積回路または同等物を製造する方法は、通常、半導体ウエハ上にフォトレジストを被膜する少なくとも1つのステップを有している。フォトレジストは、一般的に、下にある基板に像を転写するために用いる有機性の感光性フィルムである。本発明は、gライン、iライン、DUV、193nm、157nmの利用に用いられる、これらのフォトレジストを剥ぎ取るために一般的に利用可能である。これは、ノボラック、ポリビニルフェノール、アクリレート、および環状オレフィンを含み、これらの制限されない。他の適当なフォトレジストの定式化は、この分野の当業者であれば明らかとなるであろう。フォトレジストは、選択されたフォトレジスト化学及び現像剤により正または負の作用を呈する。

【0037】図1ないし図3において、銅の相互接続線と低k誘電体の層を有する集積回路の製造に一般的に使用されるデュアルダマスクプロセス(dual damascene process)の流れが示されている。このプロセスは、例示的にのみ示すものであり、種々のプロセスが集積回路に銅の相互接続線と低k誘電体を集積化するのに用いることができ、それらはこの分野の当業者によって良く知られている。

【0038】ダマスクプロセスは、下にある第1金属層10に生じることが示され、この層は、完成した金属相互接続線と誘電体層を有する。各銅の相互接続レベルを製造する第1ステップは、図1(a)に示すように、窒化シリコンの薄い絶縁層12の堆積である。この窒化層は、金属レベル間の銅の拡散に対して障壁として作用し、誘電体のエッチング処理においてエッチングの進行を止めるように働く。

【0039】図1(b)において、低k誘電体の厚い層14の堆積は、窒化シリコン層の下側に続いている。この低k誘電体材料は、上部表面に薄い酸化物の層を有するようにしてもよい。この誘電体層は、マスク材料としてのフォトレジスト16を用いる従来の写真によって誘電体層がパターン化され、図1(c)に示すようにエッチングされる部分(vias)が形成される。フォトレジストは、活動的なエネルギーで露光されることによりパターン化されて低k誘電体層上に被覆され、さらに、リリース像

を形成するために現像される。

【0040】図2(a)では、このリリーフ像が、当業者によく知られた通常のエッチング技術を用いて誘電体層内で部分的にエッチングされる。この写真平版処理は、図2(b)、(c)に示すようにトレンチ(溝)層を形成するために繰り返されてエッチングされる。

【0041】図3(a)～図3(c)に示すように、銅金属の堆積処理は、エッチング処理とストリッピング処理によって残った空間を埋めるのに使用され、第2金属層を形成する。現在の銅堆積技術では、バリア層の堆積が必要とされ、このバリア層は、図3(a)に示すように、続いて銅を堆積させるためのシード(seed)層17として作用する。ウエハ表面に堆積した銅18は、化学的及び機械的な磨き工程により一般的に平坦化される。この処理は繰り返されて集積回路または同等物が形成される。

【0042】各エッチングステップの後、フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物は、順次行なわれる処理に対して干渉しないようにストリッピングにより取り除く必要がある。フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物に対する本発明の除去方法では、プラズマガスを形成できるエネルギー源に、水素含有ガスとフッ素含有ガスを含むガス組成物をさらすことにより、このガス組成物から無酸素プラズマを発生することを含む。無酸素プラズマガスは、エッチングステップの後で、揮発性の化合物を形成するために、フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物を選択的に反応させる反応種を発生する。

【0043】ストリッピング処理の後で、基板は、脱イオン水で時々洗浄され、いかなる残りの残留物も除去される。無酸素プラズマの特定の構成要素は、それらの能力により選択され、プラズマ形成条件におけるガスとプラズマを形成する。好ましくは、これらの構成要素は、ガスとしてプラズマアッシャーに結合されかつ付加される。無酸素プラズマガスは、フォトレジスト化合物およびエッチング後の残留物における炭素及び他の原子と反応してプラズマ反応室内で揮発性の化合物を形成する。さらに、無酸素プラズマは、取り除くのが難しいとされた残留物と反応して、その残留物に埋め込まれたシリコンを含むエッチング後の残留物を取り除く。

【0044】フッ素含有化合物は、フォトレジストおよびこのフォトレジストの下側に誘電体層を有する基板上での誘電体のエッチング率に対するフォトレジストの除去率の選択比を増加させるために十分な反応種を発生するために用いられる。

【0045】好適なフッ素含有化合物は、プラズマによって励起されるとき、フッ素反応種を発生する化合物を含む。好ましくは、フッ素含有ガスは、化学式が $C_xH_yF_z$ で、 x が1～4、 y が0～9、 z が1～10の範囲であるような化合物、 NF_3 、 F_2 、および SF_6 からなるグループより選択される。他のフッ素含有コンパウンド

は、この開示から当業者であれば明らかであろう。さらに、好ましくは、フッ素化合物は、 CF_4 または CF_3 である。

【0046】水素含有化合物は、水素を含む化合物、例えば、炭化水素、フッ化炭化水素(hydrofluorocarbon)、水素ガスまたは水素ガス混合物を含んでいる。ここで使用される水素含有化合物は、十分な反応種を発生するものであり、ストリッピング処理の選択比を増加する。水素含有化合物は、好適には、窒素等の不活性ガスを有する非可燃性の水素ガス混合物である。

【0047】好ましい水素先駆物質のガスは、ガス状態で存在するものであり、水素を解放してプラズマ形成状態下での遊離基または水素イオン等の反応性の水素種を形成する。このガスは、炭化水素でも良く、この炭化水素は、臭素、塩素、またはフッ素等のハロゲン、あるいは酸素、窒素、水酸基とアミンのグループと置きかえることができない場合もあるし、また、部分的に置きかえることもできる。

【0048】好ましくは、炭化水素は、少なくとも1つの水素と、1から12の炭素原子を有している。さらに、好適には、3つから10の炭素原子を有している。適切な水素含有ガスの例では、メタン、エタン、アンモニア、プロパンを含む。

【0049】好ましい水素ガス混合物は、水素ガスと不活性ガスを含む混合ガスである。不活性ガスの例では、アルゴン、窒素、ネオン、ヘリウム、または同等のものを含む。特に好ましい水素ガス混合物は、いわゆる形成ガスで、本質的に水素ガスと窒素ガスを含んでいる。本発明において用いられる好適なガスは、形成ガスであり、その中で、水素ガスは、安全性を考慮して形成ガスの容積全体の約3～5%の容量の範囲にある。

【0050】本発明のプラズマガス組成物は、水素含有ガス化合物とフッ素ガス含有化合物の混合物からなる。好ましくは、フッ素化合物は、エッチング選択比を最大にするために、組成物全体の容積の約10%より少ない。フッ素含有化合物が、容積全体の10%よりも大きいと、フォトレジストの副産物の重合が起こり、フォトレジストを取り除くのが困難になる。

【0051】さらに、水素含有ガスとフッ素含有ガスとを組み合わせると、除去率を高めることが期待できないことがわかっている。一般的に、水素含有ガスをフッ素含有ガスと混合すると、フッ化水素が形成される。これは、水素によってフッ素基が取り除かれることから生じると思われる。プラズマ内のフッ化水素は、当業者に良く知られているように、二酸化ケイ素等の一般的な誘電体の除去効率を弱める。その結果、低 k 誘電体を有する残留物の除去効率を増加させることを期待することはできない。

【0052】選択比は、下側にある層と比較されるフォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物の相対

的な除去率として定義される。フォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物は、低k誘電体材料よりも10倍も早くエッチングされるように、低k誘電体基板に対して少なくとも10:1の選択比を有することが好ましい。より好ましくは、エッチングの選択比は、10:1よりも大きい。

【0053】アッシング中にウエハを加熱することは、プラズマとフォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物をとの間の反応率を増加させることができる。好ましくは、多孔性で、ドーパされた酸化物の低k誘電体材料に対して、ウエハが約80～350℃の範囲に加熱され、ウエハの処理能力を改善する。さらに、好ましくは、この温度は、処理中に段階的に高められる。

【0054】例えば、ウエハは、最初、約180℃にまで加熱され、エッチング後の残留物を水で除去できるようにし、その後約240℃まで加熱してフォトレジストを揮発させる。好ましくは、有機物の低k誘電体材料に対して、ウエハは、約80℃から最大約180℃にまで加熱される。有機物の誘電体に対する最大温度は、使用された有機物の低k材料の本来的な性質に依存し、かつ当業者には良く知られた温度分析技術によって容易に決定することができる。さらに、エッチング後の残留物はより低い温度で容易に取り除くことができることがわかってきた。あるエッチング後の残留物は、より高温で化学的変化を引き起こして、これら残留物を除去するのを困難にさせる。

【0055】この除去率は、当業者に知られているようにさらに最適化することができる。例えば、プラズマ室の圧力は、約0.5トル～約10トルまで変えることができ、出力は、約500W～約2000Wまで調整することができる。また、全体のガスの流量率は、約500sccm～約9000sccmまで調整することができる。

【0056】本発明に使用するのに好適なプラズマアッシャー装置は、例えば、商品名GEMINI ESとしてイートン社から商業的に入手可能なマイクロ波プラズマアッシャー等のダウンストリーム式プラズマアッシャーである。マイクロ波プラズマアッシャーの一部分は、米国特許第5498308号、第4341592号および国際特許出願WO/97/37055に開示され、それらはここに参考文献として包含される。本発明は、この形式または以下の実施形態により示す特定のプラズマアッシャーに限定されるものではない。例えば、誘導的に結合されたプラズマリアクターを用いることもできる。

【0057】特に、図4、図5には、マイクロ波プラズマアッシャー20が示され、この装置は、無酸素プラズマを用いた処理により、フォトレジストおよび／またはエッチング後の残留物を取り除く方法を実行するのに適している。この図示されたプラズマアッシャーは、プラズマ発生室21およびプラズマ反応室(ウエハ処理室)22を含んでいる。プラズマ発生室は、マイクロ波用ハ

ウジング24を有する。このマイクロ波用ハウジングは、長方形ボックスで、長さ方向に複数のセクションを有するように、仕切り26、27、28によって仕切られており、各セクションを貫通するプラズマチューブ32を有する。各仕切りは、プラズマチューブが通る開口を有する。各セクションは、マイクロ波エネルギーを蓄える。

【0058】こうして、各セクションは、入来するマイクロ波エネルギーに対して比較的短い空洞となっており、方位角的にかつ軸方向に均一なモード形成を促進する。外側チューブは、その空洞内部にプラズマチューブを収容する。外側チューブは、プラズマチューブからわずかに離れており、またプラズマチューブを効果的に冷却するために両方のチューブ間に正のエア圧力が供給されている。チューブ34は、好ましくはサファイアから作られている。他のプラズマチューブ用の材料として、水晶、またはアルミナ被膜の水晶を使用することができる。

【0059】仕切り26、27、28に設けた各開口は、この開口内に同心的にチューブが配置されるためにプラズマチューブの外形寸法よりも大きく作られている。このような開口を通過してマイクロ波伝送が行なわれ、仕切りによって囲まれたチューブの一部分にプラズマが励起される。このような伝送は、仕切りによって囲まれた領域とそうでない領域との間のプラズマチューブ内での温度勾配を減少させるのに役立つ。外側チューブを用いない(他の方法で冷却が与えられる)と、仕切りの開口は、プラズマチューブと仕切りとの間にマイクロ波伝送を与えるための空間を設けるように寸法付けられる。図4では、外側チューブと仕切りとの間に空間がある。

【0060】また、図示するように、マイクロ波用構造体の開口側を覆う絞りプレート36が設けられており、このプレートは、隣接するセクションにマイクロ波エネルギーを供給するのに効果的である。プレート36は、絞り38、40、42、44を有する平らな金属板であり、ここを通過してマイクロ波エネルギーが供給される。

【0061】マイクロ波トラップ46、48は、マイクロ波伝送を防止するために両端部に設けられている。このようなトラップは、米国特許明細書第5498308号に開示され、ここに参考文献として包含される。エアシール/方向性フィーダー50、52が冷却エアを受入れ、かつそれを同心チューブ間の空間に供給する。また、エアシール/方向性フィーダー54は、4番目の出口端部が示され、このユニット自体は、図では見ることができない。

【0062】マグネトロン56は、カップラー58を通りTE₁₀モードを与える導波管に供給されるマイクロ波出力を与える。導波管は、互いに直交する部分60、62を有する。導波管部分62の長さは、移動可能なブランジャー64を用いて調整される。この導波管部分62

15

の底部プレートは、絞りプレート66であり、このプレートは、プラズマチューブ32が延びている仕切られたマイクロ波用構造体24内にマイクロ波エネルギーを与える。こうして、プラズマは、プラズマチューブ32を通過して流れるガス内で励起される。

【0063】再び図5において、エンドキャップ70には、マイクロ波トラップと管継手74が隣接し、管継手にはエンドキャップ内に伸びるプラズマチューブにガスを供給するための中央オリフィスを有する。ガスの供給は、外部流れボックス(図示略)によって調整される。

【0064】プラズマチューブは、この端部が、エンドキャップ内のリング72によって支持されている。外側チューブ34は、その両端がマイクロ波トラップ4

6, 48に接触して支持されている。スパーサ76は、処理室に関連して適当な間隔で配置されている。プラズマチューブの端部は、エンド部材78に配置され、処理室内にガスを放出するためのオリフィス80を有する。

【0065】プラズマ反応室22は、ウエハ支持ピン90, 92を有し、これらは、処理されるべきウエハ98を支持する。代わりに、チャック(図示略)を使用することもできる。加熱は、ウエハの下側に配置されたタングステンハロゲンランプ(図示略)の配列によって達成することができる。好ましくは、基板は、アッシング作業中、約80℃～約350℃の範囲に加熱される。さらに好適には、基板は、温度を順次増加させて段階的に加熱される。

【0066】加熱によって、フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物に対するプラズマの反応率が増加することがわかっている。その結果、処理能力が増加する。一つまたは複数のバッフルプレートがウエハ上方に設けて、ウエハ表面へのプラズマの分配を促進させる。さらに、反応室は、モノクロメータ(図示略)を含むこともできる。このモノクロメータは、プラズマおよびフォトレジストの間の反応生成物に対応して、光学的に特定の波長範囲を有する放射ピークを検出する。

【0067】図6において、本装置の外側から見た図が示されている。図6における参照番号は、他の図で用いられた参照番号に対応している。好ましくは、マイクロ波用ハウジング24は、長方形TM₁₁₀モードを支持するために寸法付けられており、かつハウジング24は、四角形断面を有するようにしてもよい。この断面の寸法は、TM₁₁₀モードが共振するようになっている。各断面の長さ $\lambda_g/2$ より小さく、この λ_g は、TE₁₀₄モードにおけるキャビティ内のガイド長さである。

【0068】作業において、フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物を有する半導体ウエハ98は、ウエハ支持ピン90, 92上の反応室22内に配置されるこのウエハは、好ましくは、プラズマを用いてフォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物の反応を加速するために加熱される。反応室内の圧力は、減

16

少される。好適には、この圧力は、約1トル～約5トルの間に維持される。水素含有ガスとフッ素含有ガスの励起可能なガス混合物は、ガス入口23(図7に示すように)を経てプラズマ発生室21のプラズマチューブ32内に供給される。フッ素含有ガスは、好ましくは、全体のガス組成物の10%以下である。各部分26, 28, 30には、マイクロ波エネルギーが供給され、プラズマチューブ内のプラズマを励起する。このプラズマは、電気的に中性な粒子および荷電粒子を含んでいる。

【0069】荷電粒子は、反応室にプラズマが入る前に、選択的に取り除かれる。フッ素の励起したまたは活動的な原子(フッ素原子)および水素(水素原子)が、反応室内に供給され、そして、フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物と反応する。主たる反応生成物は、メタンガスを含む、モノクロメータによって光学的に監視される。このメタンガスは、反応室内でガスの吹流しにより絶えず吹き払われる。

【0070】モノクロメータは、メタンの放射ピークを検出する。放射ピークが最小値に到達すると、フォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物の除去は、完了し、プラズマは消失される。代わりに、プラズマが所定の時間を経て作動させることもできる。これは、フォトレジスト残留物がエッチング後に最小になった基板から、さらにエッチング後の残留物を取り除くのに特に有益であるがわかってきた。検出可能な放射ピークが、プラズマとフォトレジストの間の反応から本来的に引き出される。その後、脱イオン水の洗浄が、残留物を剥ぎ取ったウエハ上からさらに残っている残留物を取り除くのに使用される。真空排気により、処理されたウエハが反応室から排出される。

【0071】実施例1

次の実施例では、多数のヘキサメチルジメチルシラン(hexamethyldimethylsilane)処理され、3000rpmで回転するシリコンウエハ上にDUVフォトレジストが被膜された。このフォトレジストは、商品名UV5-1.0で Shipley(Shipley)社から商業的に入手できる。真空のホットプレート上で130℃で各ウエハを45秒間ソフト加熱した後、タックフリー(tack free)のフォトレジストフィルムが得られ、このフィルムは、約10000オングストロームの厚さを有する。フォトレジストフィルムは、イートン社から入手できるフュージョン GE MIN I E S プラズマアッシャーを用いるマイクロ波用プラズマに、その後さらされる。プラズマ室の出力は、1800Wに設定され、1.5トルの室内圧力を有する。ウエハは、二組の3つのウエハに分割される。一組のウエハは、3500sccmのガス流量速度で形成ガスから発生したプラズマに個々にさらされた。他の組のウエハは、形成ガスとCF₄の混合物から発生したプラズマにさらされる。この形成ガスのガス流量速度は、3400sccmでかつCF₄ガスは、100sccmであった。

17

【0072】使用された形成ガスは、水素と窒素の混合ガスであり、このうち、水素ガスは、混合した形成ガスの全体の容量の5%であった。ウエハ温度は、180℃～300℃の間で変化する。プラズマアッシング率は、アッシング前後のフォトレジストのフィルム厚さを測定することによって決定される。

【0073】図7は、2つの異なるガスプラズマに対するフォトレジストの除去率と基板温度との関係をグラフで示したものである。その結果、CF₄を含む形成ガスの混合物は、形成ガスのみの使用と比較すると、最速のアッシング率を与えることを示している。ウエハの温度を高めると、プラズマによってフォトレジストのアッシング率を増加させる。このデータによると、シリコンウエハからフォトレジストを剥ぎ取るために無酸素プラズマ処理を用いた場合、高処理能力を得ることができることを示している。

【0074】実施例2

この実施例によって示されるように、好適には本発明による無酸素プラズマ処理の重要な利点は、低k誘電体材料での高い選択比である。商品名CORALでノベラス(Novellus)社から入手できる、炭素がドーブされた二酸化ケイ素のウエハは、実施例1の場合と同様なフォトレジストで被膜されている。GEMINIES プラズマアッシャーの出力設定は、1800Wで室内圧力が3.0トルであった。形成ガスは、3500sccmのガス流量速度であった。この使用された形成ガスは、水素ガスと窒素ガスの混合物であり、このうち、水素ガスは、混合した形成ガスの全体の容量の5%であった。被覆されたウエハは、300℃に加熱され、プラズマにさらされる。

【0075】フォトレジストの除去率は、1分間当たり約4000オングストロームとなるように決定された。被覆されないウエハは、同一の条件でさらされ、かつ低k誘電体材料は、1分間当たり約143オングストロームで取り除かれることがわかった。選択比は、各基板に対する除去率の比から決定される。こうして、アッシングの選択比は、4000/143または25:1よりも大きい。その結果、この実施例では、フォトレジストは、誘電体材料よりも25倍も早く除去される。

【0076】実施例3

次の実施例では、商品名CORALでノベラス(Novellus)社から入手できる、炭素がドーブされた二酸化ケイ素のウエハは、実施例1の場合と同様なフォトレジストで被膜され、そして、実施例2と同一の条件下で発生した異なるプラズマにさらされる。このプラズマは、形成ガスとCF₄の混合物から発生したものである。この形成ガスのガス流量速度は、3400sccmでかつCF₄ガスは、100sccmであった。

【0077】使用された形成ガスは、水素と窒素の混合ガスであり、このうち、水素ガスは、混合した形成ガスの全体の容量の5%であった。フォトレジストのアッ

18

ッシング率は、1分間当たり約8700オングストロームとなるように決定された。CORALのアッシング率は、1分間当たり約449オングストロームとなるように決定された。こうして、フォトレジストのCORALに対するアッシングの選択比は、約20:1であった。CF₄を含む形成ガスの混合物を用いて観測されたより高いアッシング選択比は、このガス混合物内にフッ素含有ガスを含む場合に得られるより高い選択比を示す。フォトレジストに対するこのプラズマのより高い反応性は、改良された処理能力をもたらす。

【0078】さらに、フッ素含有ガスと水素含有ガスを組み合わせて用いるとき、向上した除去率を得ることは期待できなかった。一般的に、水素含有ガスにフッ素含有ガスを混合すると、水素によってフッ素基を取り除くことによって生じると考えられるフッ化水素が形成される。プラズマ内のフッ化水素は、一般に、二酸化ケイ素等の誘電体の除去効率を低下させることが当業者に良く知られている。その結果、低k誘電体においてフォトレジストおよび/またはエッチング後の残留物の除去効率を増加させることを期待できない。

【0079】以上、本発明の好ましい実施形態を説明しかつ記載してきたが、本発明は、ここで詳細に記載した形式に限定されるものではない。明らかな修正および変更は、上記本発明の技術的思想に基づいて可能である。この実施形態は、本発明の原理を最も良く説明するために選択されかつ記載された。それゆえ、本発明を種々の実施例において利用することは、当業者であれば、特定の使用を考慮して適合するように種々の変更が可能である。このような全ての修正および変更は、本発明の特許請求の範囲内にあり、公正かつ法的にまた公平に受ける権利範囲に従って解釈される場合に、添付の特許請求の範囲によって決定されるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)～(c)は、銅の相互接続線と低k誘電体の絶縁層を有する集積回路の製造に用いられるデュアルダマスクプロセス(dual damascene process)の流れを示す図である。

【図2】図2(a)～(c)は、図1に続くプロセスの流れを示す図である。

【図3】図3(a)～(c)は、図2に続くプロセスの流れを示す図である。

【図4】プラズマアッシャーに用いるためのマイクロ波ハウジングを示す斜視図である。

【図5】本発明を実施可能にするプラズマアッシャーを概略的に示す断面図である。

【図6】図5に示したプラズマアッシャーの斜視図である。

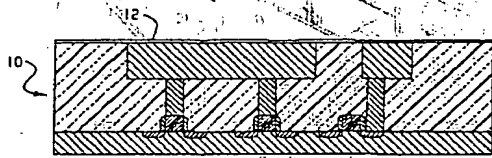
【図7】種々のプラズマガス組成物に対する水温対フォトレジスト除去の割合を示すグラフである。

【符号の説明】

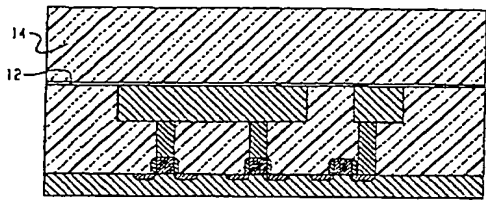
19

- 10 第1金属層
- 12 絶縁層
- 14 誘電体層
- 16 フォトリソグ
- 20 マイクロ波プラズマアッシャー
- 21 プラズマ発生室
- 22 プラズマ反応室
- 24 マイクロ波用ハウジング

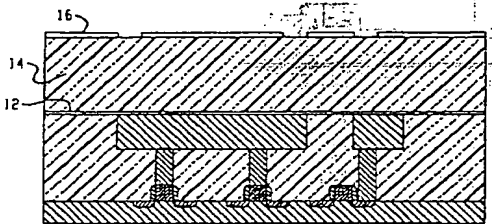
【図1】



(a)



(b)

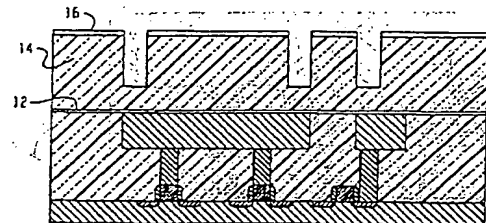


(c)

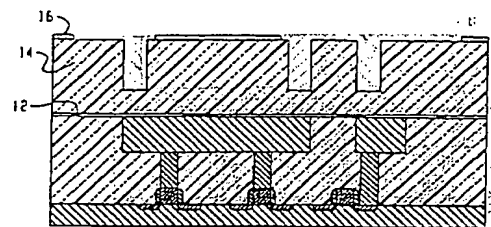
20

- * 26, 28, 30 仕切り
- 36 プレート
- 38, 40, 42, 44 絞り
- 46, 48 ... トラップ
- 56 マグネトロン
- 90, 92 ウエハ支持ピン
- 98 基板

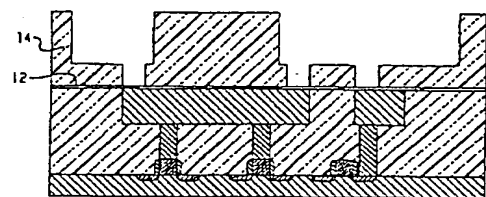
【図2】



(a)

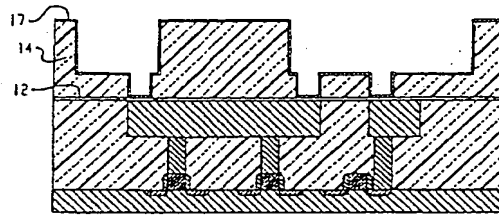


(b)

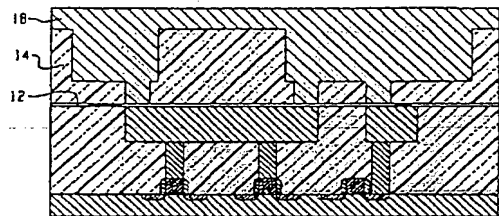


(c)

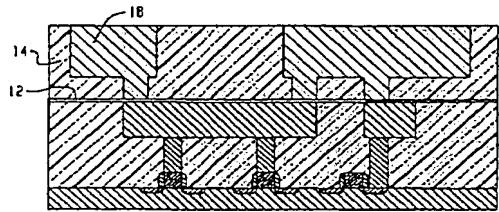
【図 3】



(a)

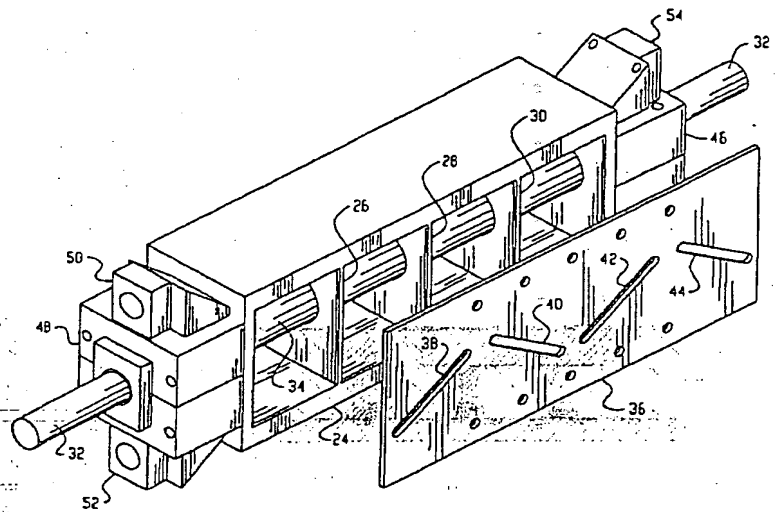


(b)

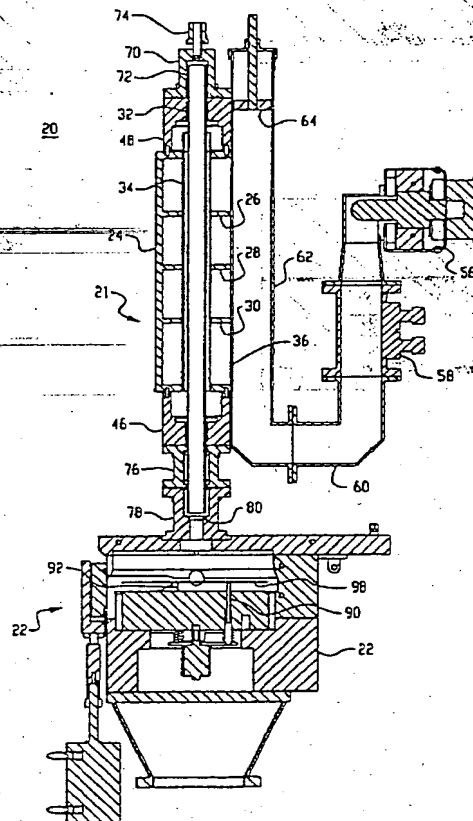


(c)

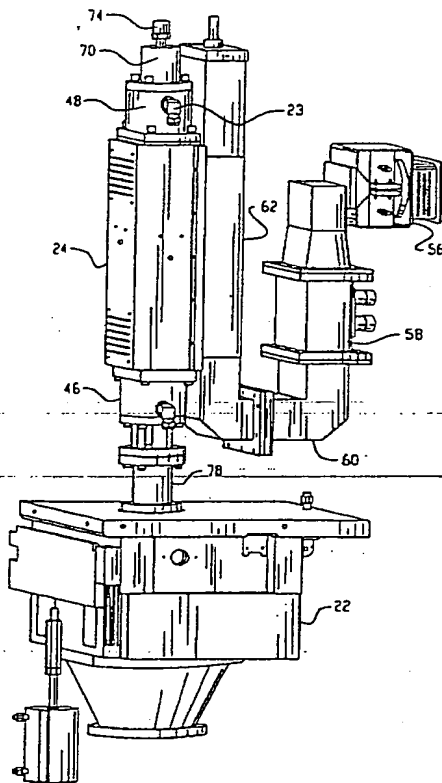
【図 4】



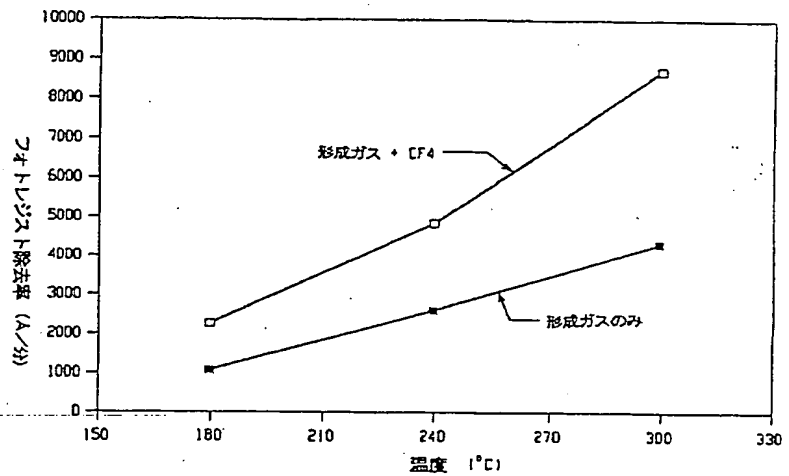
【図 5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 マーモド ダヒメネ
 アメリカ合衆国 メリーランド 20879
 ガイザーズブルク ナンバー195 ボイゼ
 ンベリー ドライブ 18512
 (72)発明者 リッキー ラッフィン
 アメリカ合衆国 メリーランド 20898
 ガイザーズブルク ピー. オー. ボックス
 8501

(72)発明者 パラニクマラン サクシーベル
 アメリカ合衆国 メリーランド 20878
 ガイザーズブルク ウェスト サイド ド
 ライブ 391 アパートメント203
 (72)発明者 イバン ルイス ベリー ザ サード
 アメリカ合衆国 メリーランド 21042
 エリコットシティ フォント ヒル ドラ
 イブ 3716

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)